

## Diagnostic value of $^{18}\text{F}$ -FDG PET/CT combined with breath-hold spiral CT in pulmonary nodules

LIU Ying<sup>1,2</sup>, WU Ning<sup>1,2\*</sup>, ZHENG Rong<sup>1</sup>, LIANG Ying<sup>1</sup>,  
ZHANG Wen-jie<sup>1</sup>, LI Meng<sup>2</sup>, ZHAO Ping<sup>1,3</sup>

(1. PET-CT Center, 2. Department of Diagnostic Imaging, 3. Department of Abdominal Surgery,  
Cancer Hospital, Chinese Academy of Medical Sciences, Peking  
Union Medical College, Beijing 100021, China)

**[Abstract]** **Objective** To assess the diagnostic value of  $^{18}\text{F}$ -FDG PET/CT combined with breath-hold spiral CT in pulmonary nodules. **Methods** One hundred and fifty-four patients with 171 pulmonary nodules ( $\leq 3$  cm) were studied. Each patient underwent  $^{18}\text{F}$ -FDG PET/CT (16 slices) examination during mild respiration and breath-hold spiral CT scan, while 123 patients underwent dual-time-point PET/CT examination. The diagnostic efficacy of  $^{18}\text{F}$ -FDG PET/CT combined with breath-hold spiral CT,  $^{18}\text{F}$ -FDG PET/CT, breath-hold spiral CT and taking  $\text{SUV}_{\max} \geq 2.50$  as the threshold value for malignancy were compared. All results were proved by pathologically, or by diagnostic therapy or by clinical follow-up. **Results** The  $\text{SUV}_{\max \text{ routine}}$  was  $4.51 \pm 3.06$  in 118 malignant nodules, and  $2.07 \pm 1.30$  in 53 benign nodules. The sensitivity, specificity, accuracy and Youden index of  $^{18}\text{F}$ -FDG PET/CT combined with breath-hold spiral CT was 95.80%, 81.10%, 91.20% and 0.77, respectively, higher than those of other three methods. **Conclusion**  $^{18}\text{F}$ -FDG PET/CT combined with breath-hold spiral CT has high diagnostic value in the differentiation of pulmonary nodules.

**[Key words]** Lung neoplasms; Neoplasm staging; Tomography, emission-computed; Tomography, X-ray computed; Fluorodeoxyglucose F18; Standardized uptake value; Diagnosis, differential

## $^{18}\text{F}$ -FDG PET/CT 结合胸部屏气螺旋 CT 对肺结节的诊断价值

刘 瑛<sup>1,2</sup>, 吴 宁<sup>1,2\*</sup>, 郑 容<sup>1</sup>, 梁 颖<sup>1</sup>, 张雯杰<sup>1</sup>, 李 蒙<sup>2</sup>, 赵 平<sup>1,3</sup>

(1. 中国医学科学院 北京协和医学院 肿瘤医院 PET-CT 中心, 2. 影像诊断科, 3. 腹部外科, 北京 100021)

**[摘要]** **目的** 评价  $^{18}\text{F}$ -FDG PET/CT 结合胸部屏气螺旋 CT 扫描对肺结节的诊断价值。 **方法** 154 例患者因肺部结节就诊而接受 PET/CT 检查, 其中 123 例接受双时相 PET/CT 显像, 全部患者先后接受胸部屏气螺旋 CT 扫描, 共发现 171 个结节。比较 PET/CT 结合胸部屏气螺旋 CT、PET/CT、胸部屏气螺旋 CT 以及采用  $\text{SUV}_{\max} \geq 2.50$  作为恶性结节诊断阈值四种方法对恶性结节的诊断效能。所有结果经过组织学、诊断性治疗或临床随访证实。 **结果** 118 个恶性结节  $\text{SUV}_{\max \text{ 常规}}$  为  $4.51 \pm 3.06$ , 53 个良性结节  $\text{SUV}_{\max \text{ 常规}}$  为  $2.07 \pm 1.30$ 。四种方法中, PET/CT 结合胸部屏气螺旋 CT 对恶性结节的诊断灵敏度、特异度、准确率、约登指数最高, 分别为 95.80%、81.10%、91.20%、0.77。 **结论**  $^{18}\text{F}$ -FDG PET/CT 结合胸部屏气螺旋 CT 对肺结节具有很高的诊断价值。

**[关键词]** 肺肿瘤; 肿瘤分期; 体层摄影术, 发射型计算机; 体层摄影术, X 线计算机;  $^{18}\text{F}$  氟脱氧葡萄糖; 标准摄取值; 诊断, 鉴别

**[中图分类号]** R563; R445.5 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1003-3289(2010)01-0018-04

**[基金项目]** “十一五”国家科技支撑计划课题(2007BAI05B05, 2006BAI02A01)、北京希望马拉松专项基金(LC2006B38)、首都医学发展科研基金(2005-1039)、高等学校博士学科点专项科研基金(20070023041)、“十一五”新药专项支持(2009ZX09501-026)。

**[作者简介]** 刘瑛(1975-), 女(苗族), 北京人, 博士, 主治医师。研究方向: 胸部肿瘤的影像诊断。E-mail: liuyinggq@sina.com

**[通讯作者]** 吴宁, 中国医学科学院 北京协和医学院 肿瘤医院 PET-CT 中心、影像诊断科, 100021。E-mail: cjr.wuning@vip.163.com

**[收稿日期]** 2009-09-27 **[修回日期]** 2009-10-10

肺结节 (pulmonary nodule) 的诊断一直是胸部影像学诊断最富挑战性的课题,与临床处理及患者预后紧密相关。PET/CT 是目前临床应用最广泛的分子影像学检查方法,能从功能代谢和解剖形态两方面来判断病变性质,对于肺结节的诊断与鉴别诊断具有很高的敏感度、特异度和准确率,但仍有一定的假阴性和假阳性。文献报道常规 PET/CT 显像加胸部屏气螺旋 CT 扫描能降低假阴性率,提高肺结节的检出率和诊断正确率<sup>[1-2]</sup>,同时 PET/CT 配备的多层螺旋 CT 及多种图像后处理软件有助于肺结节的诊断与鉴别诊断<sup>[3]</sup>。本文通过比较<sup>18</sup>F-FDG PET/CT 结合胸部屏气螺旋 CT、<sup>18</sup>F-FDG PET/CT、胸部屏气螺旋 CT 以及采用  $SUV_{max} \geq 2.50$  作为恶性肺结节诊断阈值这四种方法对恶性结节的诊断效能,评价<sup>18</sup>F-FDG PET/CT 结合胸部诊断 CT 扫描对肺结节的诊断价值。

## 1 资料与方法

1.1 病例资料 2006 年 8 月—2009 年 3 月在我院因肺部结节就诊接受 PET/CT 检查的患者 154 例,均为初诊病例,未接受相关治疗,其中男 99 例,女 55 例,年龄 34~92 岁,平均  $(59.7 \pm 12.3)$  岁。154 例共计 171 个结节,138 例患者有 1 个结节,15 例患者有 2 个结节,1 例患者有 3 个结节。PET/CT 检查前后 2 周内,所有患者均行胸部屏气螺旋 CT 检查。所有结果经组织学、诊断性治疗或临床随访证实,对于大小无明显变化的结节,随访时间  $\geq 2$  年。

1.2 检查方法 采用 GE Discovery ST 16 PET/CT 扫描仪。PET 显像剂使用<sup>18</sup>F-FDG,放化纯度皆大于 95%。患者检查前空腹 4~6 h,注射显像剂前测定血糖在正常水平,平静休息 10~15 min 后,按体重静脉注射显像剂<sup>18</sup>F-FDG 0.10~0.12 mCi  $(3.70 \sim 4.44 \text{ MBq})/\text{kg}$ ,活度为 5~12 mCi  $(185 \sim 444 \text{ MBq})$ 。静息平卧 50~70 min,排尿后行常规 PET/CT 扫描。全身扫描的范围从颅顶至大腿根部,胸部扫描的范围从锁骨上区至肾上腺区。依次采集 CT 和 PET 图像。CT 扫描参数为 120 kV,体部 150 mA,头颈部 220 mA,每环旋转时间 0.80 s,层厚 3.75 mm。PET 扫描采用 3D 采集,体部每床位 3 min,头部每床位 5 min,层厚 3.27 mm,经衰减校正、迭代法重建后得到 PET 图像。139 例患者行全身 PET/CT 扫描,15 例行胸部 PET/CT 扫描。123 例在静脉注射<sup>18</sup>F-FDG 120~180 min 后对肺结节行局部延迟扫描(双时相显像)。所有患者均在我院

行胸部屏气诊断 CT 扫描 (GE lightspeed Pro 或者 GE lightspeed VCT),扫描参数为 120 kV,205 mA,均行 1.25 mm 层厚重建。

1.3 图像分析 根据视觉比较法和半定量分析法综合判断肺结节摄取<sup>18</sup>F-FDG 情况。①视觉比较法:肺内病变摄取高于肺本底时为摄取增高,与本底相近或低于本底为摄取不高,高于纵隔摄取时考虑恶性,与纵隔相近或低于纵隔时考虑良性<sup>[4-5]</sup>。②半定量分析法:采用瘦体重 (lean body mass, LBM) 校正后的最大标准摄取值 (maximum standard uptake value,  $SUV_{max}$ ),在病变处设感兴趣区,系统自动测量该部位的  $SUV_{max}$ 。 $SUV_{max} \geq 2.50$  考虑为恶性, $SUV_{max} < 2.50$  考虑为良性<sup>[6]</sup>。对双时相 PET/CT 显像的肺结节,采用相同病灶层面分析常规及延迟后的 SUV 变化。 $SUV$  变化值 ( $SUV$  changing value,  $\Delta SUV$ ) =  $(SUV_{延迟} - SUV_{常规})$ ,双时相显像滞留指数 (retention index, RI) =  $\Delta SUV / SUV_{常规} \times 100\%$ ,以  $RI > 10\%$  定义为延迟相摄取升高<sup>[7]</sup>。

从 PACS 系统调阅患者的胸部屏气螺旋 CT 图像,分析结节的形态学特征,并对 1.25 mm 重建层厚的横断图像进行多平面重组 (multiplanar reformation, MPR)。在 GE AW4.2 工作站,用三维体积测量软件 (advanced lung analysis, ALA) 计算结节的体积、体积倍增时间 (volume doubling time, VDT) 和体积增长率 (volumetric growth rate, VGR),比较肺结节的三维体积变化。

由两位工作年限分别大于 5 年和大于 15 年的胸部影像专长、具有 PET/CT 工作经验的诊断医师在不知道结果的情况下,综合分析肺结节的<sup>18</sup>F-FDG 摄取情况及形态学特点,判定良恶性。

1.4 统计学处理 采用 SPSS 13.0 统计分析软件。计量资料正态分布通过  $K-S$  检验,以  $\bar{x} \pm s$  表示,两样本均数比较采用  $t$  检验,计数资料比较采用  $\chi^2$  检验, $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

2.1 不同病理类型肺结节的 SUV 比较 恶性结节 118 个,包括 105 个肺癌结节 (图 1、2)、13 个转移瘤结节。良性结节 53 个,包括 23 个炎症结节、12 个结核结节、5 个错构瘤结节和 13 个其他良性结节。用  $t$  检验比较良恶性肺结节的  $SUV_{max常规}$ 、 $SUV_{max延迟}$ 、 $\Delta SUV_{max}$ 、RI,恶性结节均高于良性结节,差异均有统计学意义 ( $P < 0.01$ ,表 1)。

2.2 双时相显像对肺结节的诊断  $SUV_{max常规}$  与  $SUV_{max延迟}$  在恶性、良性结节之间的差异均有统计学意义 ( $t$  分别为 -8.84、-4.49,  $P$  均  $< 0.01$ )。以  $RI > 10\%$  定义为延迟相摄取升高<sup>[7]</sup>,85 个结节 RI 升高,38 个结节 RI 不变或减低,以  $RI > 20\%$ 、 $> 30\%$ 、 $> 40\%$ 、 $> 50\%$  分别作为恶性结节的 RI 诊断阈值,差异无统计学意义 ( $\chi^2$

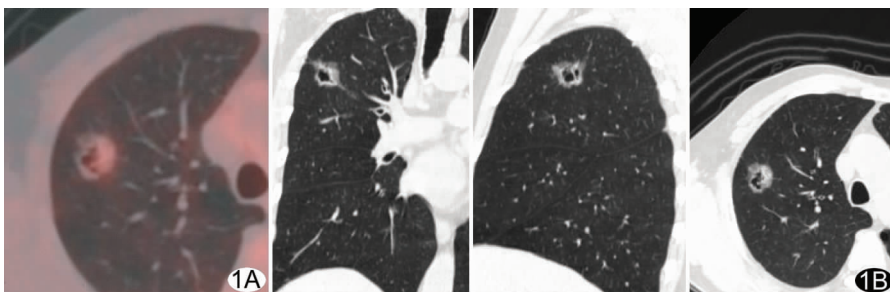


图 1 右肺上叶高分化腺癌 A. PET/CT 横断融合图像,结节 FDG 摄取增高, $SUV_{max常规}$  为 1.90, $SUV_{max延迟}$  为 2.20; B. CT MPR 图像,结节呈分叶状,边缘见毛刺,牵拉胸膜,内部见空泡征

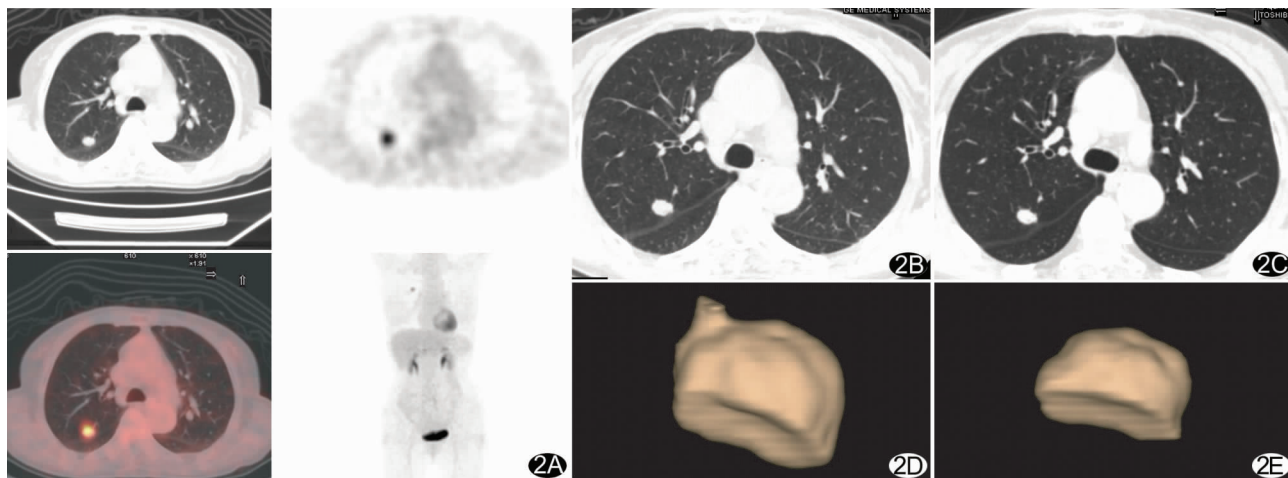


图2 右肺上叶低分化腺癌 A. PET/CT 图像, 结节 FDG 摄取增高,  $SUV_{max}$  常规为 3.00,  $SUV_{max}$  延迟为 3.50; B、C. HRCT 图像, 结节略分叶, 轻度牵拉斜裂胸膜, 较 5 个月前略饱满; D、E. 三维体积测量显示结节体积较前明显增大, VDT 221 天, VGR 62%

分别为 0.49、1.02、3.55 和 2.13,  $P$  分别为 0.48、0.312、0.06 和 0.15)。

表 1 良恶性肺结节的 SUV

分组	例数	$SUV_{max}$ 常规	$SUV_{max}$ 延迟	$\Delta SUV_{max}$	RI (%)
恶性肺结节	118	$4.51 \pm 3.06$	$4.78 \pm 3.27$	$0.98 \pm 0.99$	$25.36 \pm 23.74$
良性肺结节	53	$2.07 \pm 1.30$	$2.47 \pm 1.77$	$0.40 \pm 0.58$	$14.57 \pm 23.65$
$t$ 值		7.10	5.05	4.06	2.41

注:  $P$  值均  $< 0.05$

2.3 不同诊断方法的比较 PET/CT 结合胸部屏气螺旋 CT、PET/CT、胸部屏气螺旋 CT 以及用  $SUV_{max} \geq 2.50$  作为恶性结节诊断阈值这四种方法对肺结节良恶性的诊断差异均有统计学意义 ( $\chi^2$  分别为 107.10、53.64、28.23 和 31.17,  $P$  均  $< 0.01$ )。四种诊断方法对恶性结节的诊断效能见表 2。

表 2 不同诊断方法的诊断效能

诊断方法	敏感度 (%)	特异度 (%)	准确率 (%)	阳性预测值 (%)	阴性预测值 (%)	约登指数
CT	88.10	49.10	76.00	79.40	65.00	0.37
$SUV_{max} \geq 2.50$	70.30	75.50	71.90	86.30	53.30	0.46
PET/CT	90.70	62.30	71.90	84.30	75.00	0.53
PET/CT + CT	95.80	81.10	91.20	91.90	89.60	0.77

2.4 三维体积测量对肺结节的诊断 对 18 个实性结节进行三维体积比较。5 个诊断为恶性结节的 VDT 为 60 ~ 234 天 (图 2), 其 VGR 为 41% ~ 228%。4 个结节经手术证实为恶性 (2 个腺癌、2 个转移), 1 个结节随诊长大、数目增多, 证实为转移。另有 13 个考虑良性的结节, 其中 5 个大小无明显增大的结节 VDT 为 3 年 237 天 ~ 42 年 87 天, VGR 为 0 ~ 44%, 随诊 2 年或 2 年以上, 大小无变化, 证实为良性; 另外 8 个体积缩小的结节, VGR 为 -7% ~ -63%, 抗感染或抗结核治疗后 3 个消失、5 个继续缩小, 证实为良性。

### 3 讨论

3.1 双时相 PET/CT 对肺结节的诊断价值 由于  $^{18}F$ -FDG 是非特异性肿瘤显像剂, 部分良性病变如活动性结核、肉芽肿病变、炎症、感染等也可引起 FDG 高摄取, 导致假阳性的产生, 给肿瘤良恶性鉴别诊断带来一定困难。多组研究结果证实, 双时相 PET 显像能降低假阳性率, 有助于良恶性肺结节的鉴别 [7-8]。

本组恶性肺结节的  $SUV_{max}$  常规、 $SUV_{max}$  延迟、 $\Delta SUV_{max}$ 、RI 均高于良性结节 ( $P$  均  $< 0.05$ ), 其中恶性结节的  $SUV_{max}$  常规与  $SUV_{max}$  延迟分别为  $(4.51 \pm 3.06)$ 、 $(4.78 \pm 3.27)$ , 良性结节分别为  $(2.07 \pm 1.30)$ 、 $(2.47 \pm 1.77)$ 。 $SUV_{max}$  常规与  $SUV_{max}$  延迟在良性、恶性结节间的差异有助于鉴别诊断。本组 RI 的升高幅度对鉴别良恶性无显著帮助, 可能与本组资料中代谢较低的腺癌和代谢较高的炎症、结核等病变居多有关。

3.2 PET/CT 结合胸部屏气螺旋 CT 对肺结节的诊断价值 随着 PET/CT 临床应用经验的积累, 越来越多的 PET/CT 诊断医生认识到 CT 图像在诊断中的重要性。PET/CT 的 CT 图像不仅能对病变进行准确定位、对 PET 图像进行衰减校正, 还能够提供丰富的形态学信息。对 FDG 摄取不明显的小结节和细支气管肺泡癌 [9]、类癌以及由于呼吸运动未显示的部分小结节, 常规小幅度呼吸 PET/CT 显像加屏气螺旋 CT 扫描能够提高结节的检出率和诊断正确率 [1, 3]。

本研究结果显示, PET/CT 结合胸部屏气螺旋 CT、PET/CT、胸部屏气螺旋 CT 和  $SUV_{max} \geq 2.50$  作为恶性诊断阈值有助于对肺结节良恶性的判断, 其中 PET/CT 结合胸部屏气螺旋 CT 的诊断敏感度、特异度和准确率均比另外三种诊断方法高, 约登指数亦最高。PET/CT 配备的多层螺旋 CT 及多种图像后处理软件亦有助于肺结节的诊断与鉴别诊断 [3], 避免延误治疗或过度治疗。本组对 18 个实性结节进行了三维体积比较, 得出体积、VDT 和 VGR, 其中 5 个诊断为恶性结节的 VDT 分别为 60 ~ 234 天, 均小于恶性结节  $\leq 500$  天的 VDT 恶性诊断阈值 [10]。

综上所述,  $^{18}F$ -FDG PET/CT 结合胸部屏气螺旋 CT 对肺结节的诊断具有很高的敏感度、特异度和准确率, 能够进一步

提高对肺结节的诊断和鉴别诊断能力。

### [参考文献]

- [1] Juergens KU, Weckesser M, Stegger L, et al. Tumor staging using whole-body high-resolution 16-channel PET-CT: does additional low-dose chest CT in inspiration improve the detection of solitary pulmonary nodules? *Eur Radiol*, 2006, 16(2): 1131-1137.
- [2] 葛全序, 朱仁娟, 刘庆伟, 等. <sup>18</sup>F-FDG PET/CT 结合高分辨率 CT 对孤立性肺结节的诊断价值. *中华核医学杂志*, 2005, 25(5): 264-266.
- [3] Orlacchio A, Schillaci O, Antonelli L, et al. Solitary pulmonary nodules: morphological and metabolic characterisation by FDG-PET-MDCT. *Radiol Med*, 2007, 112(3): 157-173.
- [4] Kim SK, Allen-Auerbach M, Goldin J, et al. Accuracy of PET/CT in characterization of solitary pulmonary lesions. *J Nucl Med*, 2007, 48

- (2): 214, 220.
- [5] Yi CA, Lee KS, Kim BT, et al. Tissue characterization of solitary pulmonary nodule: comparative study between helical dynamic CT and integrated PET/CT. *J Nucl Med*, 2006, 47(3): 443-450.
- [6] 潘中允. *PET 诊断学*. 北京: 人民卫生出版社, 2005: 202.
- [7] Matthies A, Hicheson M, Cuchiara A, et al. Dual time point <sup>18</sup>F-FDG PET for the evaluation of pulmonary nodules. *J Nucl Med*, 2002, 43(7): 871-875.
- [8] 赵军, 林祥通, 管一晖, 等. 双时相 PET 显像在肺良恶性病变鉴别诊断中的应用. *中华核医学杂志*, 2003, 23(1): 8-10.
- [9] Rohren EM, Lowe VJ. Uptake in PET imaging of nonsmall cell lung cancer. *Sem Nucl Med*, 2004, 231(2): 134-151.
- [10] Revel MP, Merlin A, Peyrard S, et al. Software volumetric evaluation of doubling times for differentiating benign versus malignant pulmonary nodules. *AJR Am J Roentgenol*, 2006, 187(7): 135-142.

## 本刊启用《科技期刊学术不端文献检测系统》

近年来恶劣学术不端事件时有发生,给整个学术界的声誉造成了极坏的影响。为遏制学术不正之风,有效防止、杜绝涉及本刊科研论文发表方面的学术不端行为,切实提高期刊学术质量,本刊已启用《科技期刊学术不端文献检测系统》。该系统由中国学术期刊(光盘版)电子杂志社与万方知网共同研制,经新闻出版总署、科技部、全国科研诚信管理委员会等有关方面指导,具有全面性和权威性,将成为我刊把好科技期刊内容质量关的重要辅助工具和重要手段。

中国科协第六届全国委员会第四次会议学术不端行为归纳为七大类:

——抄袭剽窃他人成果。在论文、研究报告、著作等科研成果中抄袭剽窃他人的实验数据、图表分析甚至大段的文字描述。

——伪造篡改实验数据。在实验数据、图表分析中,随意编造数据或有选择性地采用数据证明自己的论点。

——随意侵占他人科研成果。利用职权在自己并无贡献的论文或成果上署名,把他人科研成果据为己有;将通过会议、评审等过程获得的特殊信息和思想随意传播;在论文被录用或成果获奖后任意修改作者排序和著作权单位;为论文顺利发表或成果获奖私自署上知名科学家名字;为完成科研任务或求得职称晋升,无关的同事、同学、亲友间相互挂名。

——重复发表论文。论文一稿两投甚至一稿多投;将某一刊物已发表的文章原封不动或改头换面后重新投到另一刊物;将国外刊物以外文形式发表的论文以中文作为原创性论文在国内发表而不注明。

学术论文质量降低和育人不负责任。部分学者为提高论文数量,将可用一篇完整论文发表的科研成果分为多篇投稿,降低了论文质量并破坏了研究工作的系统性、完整性;论文发表中引用文献注释不明确;部分教授为完成科研任务招收几十名甚至上百名研究生为自己工作、挂名发表大量论文,而无法全面有效教育培养研究生,使研究生素质大面积滑坡。这些情况造成科研资源包括生产资料资源、智力资源的极大浪费。

——学术评审和项目申报中突出个人利益。

——过分追求名利,助长浮躁之风。

《科技期刊学术不端文献检测系统》检测文献后自动生成检测结果报告,包括:①重合文字来源文献信息:系统详细列出重合文字来源文献信息,这些文献都是真实存在、公开发表或得到发表确认的;②比对信息:检测文献和来源文献的详细比对信息;③检测指标:该指标体系从多个角度对检测文献中的文字复制情况进行描述;④诊断类型:系统根据指标参数及其他元数据相关信息,自动给出一个预判断的诊断类型;⑤检测报告:检测系统自动生成一个检测报告单,详细列出检测文献的学术不端行为检测情况,最后生成终审报告。

大规模数据测试结果显示该系统针对中文学术期刊中出现的学术不端文献具有较好的检测能力,在文献对比查准率和查全率方面均 > 99%,达到了大规模使用的成熟程度。我刊试用 2 个月,获得了很好的效果,故决定正式启用该系统对所有来稿进行科技期刊学术文献重合度检测。若所投文章文字重合度过高,明显涉嫌抄袭或重复发表,将不予接受。

感谢各位作者对我刊的关注与厚爱,真诚希望继续得到您的支持与合作!